

【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁気ディスクから磁界を検出して信号の読み取りを行うスピバルブ型感磁素子であり、前記磁気ディスクからの信号の磁界方向（以下、信号磁界方向という）に平行に磁化された磁化固定層と、信号読み取りのための抵抗変化を検出するために外部から電流を印加される導電層と、磁化容易軸が信号磁界方向に平行である磁化フリー層とを備えることを特徴とするスピバルブ型感磁素子。

【請求項2】 磁気ディスクから磁界を検出して信号の読み取りを行うスピバルブ型感磁素子であり、信号磁界方向に平行に磁化された磁化固定層と、信号読み取りのための抵抗変化を検出するために外部から電流を印加される導電層と、磁気ディスクからの信号磁界により磁化の方向が振動的に回転する磁化フリー層とを備え、前記信号磁界方向のMR感度が前記信号磁界に垂直な方向に対するMR感度よりも大きいことを特徴とするスピバルブ型感磁素子。

【請求項3】 磁化容易軸が信号磁界の方向に平行である磁化フリー層とを備えることを特徴とする請求項2記載のスピバルブ型感磁素子。

【請求項4】 請求項2または3記載のスピバルブ型感磁素子であり、縦バイアス磁界の強度が前記磁化フリー層の一軸異方性磁界強度より大きいことを特徴とするスピバルブ型感磁素子。

【請求項5】 請求項2または3記載のスピバルブ型感磁素子であり、縦バイアス磁界の強度が前記磁化フリー層の一軸異方性磁界強度より大きく、かつ一軸異方性磁界の強度の2倍より小さいことを特徴とするスピバルブ型感磁素子。

【請求項6】 請求項2、3、4または5記載のスピバルブ型感磁素子を備えることを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項7】 請求項6記載の磁気ヘッドを備えることを特徴とする磁気ディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は磁気ディスク装置の磁気ヘッドとその感磁素子の技術に関し、特にスピバルブ型感磁素子及びそれを用いた磁気ヘッドならびに磁気ディスク装置に関する。

【0002】

【従来の技術】磁気記録の高密度化に伴って、信号磁界感度の大きいヘッドが必要とされてきた。当初の、磁気誘導型の薄膜ヘッドでは、高々1Gb/平方インチの記録密度までしか対応できなかった。これに代わり、再生感度の高いヘッドとして、強磁性金属薄膜の磁気抵抗効果をを用いたMRヘッドが出現した。しかしながら、この

MRヘッドにおいても、3Gb/平方インチ以上の高記録密度領域の磁気記録再生を行うには、再生感度の不足を来すことが分かり、これをしのぐ高感度磁気ヘッドの実現が待たれていた。

【0003】この時、1994年にスピバルブ構造の磁気素子を用いた磁気ヘッドの提案がなされ、いくつかの実験的検討が為された。

【0004】これらの磁気ヘッドの構造の概略を以下に説明する。

【0005】図1に示すスライダ状の磁気ヘッドは、磁界を検出するヘッドエレメント2が、図2に示すスピバルブ型感磁素子（磁界センサ）18と、複数回巻きのコイルパターン7とこれを囲う軟磁性の磁気ヨーク（図示せず）からなるインダクティブ型記録素子（図示せず）をあわせて有している。

【0006】図2に示す記録媒体20すなわち磁気ディスク上にこの磁気ヘッドを設置して、再生出力を得る場合は、図1の空気ばね面3（以下、ABS3（エア・ベアリング・サーフェス）という。）に垂直な方向の信号磁界5を検出する。この信号磁界の検出原理を図2に示す。一般にスピバルブ型感磁素子18は、図2に示すように磁化固定層11と磁化フリー層13が2～3nmの導電層（図示せず）を介して対置する構造となっている。記録媒体20からの信号磁界により、磁化フリー層13の磁化の方向が振動的に回転する。この時、磁化フリー層13の磁化Mと磁化固定層11の固定磁化17とのなす角度 θ とすると、抵抗変化 δR は $\delta R = -(1/2) \Delta R \cdot \cos \theta$ で表わされる。ここで、 ΔR は最大抵抗変化（図3参照）を示す。

【0007】通常は信号磁界に対する、抵抗変化 δR の応答の程度が、そのスピバルブ型感磁素子の磁界応答感度を示す。検査工程において、磁気ヘッドとしての良否を判定する場合にも、信号方向の磁界を外部から印加して、その素子の δR を評価する。ここで信号磁界と垂直なトラック幅方向の磁界に対する感度は、これまで素子の動作には関係がないため、上記の従来技術では全く開示されてはいなかった。

【0008】これらの従来例のスピバルブ型感磁素子構造の概念図を図9に示す。

【0009】これらの従来例では、信号磁界5に感度を持つ磁化フリー層13の磁化容易軸27（一軸異方性）は、磁化フリー層13が単磁区化し易いように信号磁界5と垂直に設けられ、更に、単磁区化を確実にするために信号磁界5と垂直な方向（トラック幅方向28）に永久磁石膜にて縦バイアス磁界Ht28が印加されていた。

【0010】その結果、図10に示すように、スピバルブ素子の抵抗変化 δR の信号磁界方向の磁界に対する応答曲線にはヒステリシスは生じない構成となっていた。

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、この従来例における磁界応答感度(MR感度)はいわゆる一斉磁化回転モデルを用いたシミュレーション結果によれば図11に示すように、1より小さいものである。ただし、ここでMR感度=1とは、 H_k に等しい信号磁界強度 H_y を印加したときの抵抗変化 δR が最大抵抗変化 ΔR の $1/2$ に等しい場合を意味するものである。縦バイアス磁界 H_t を印加するにつれて、そのMR感度は単調に減少し、高々 $H_t = H_k$ (H_k は一軸異方性)の縦バイアス磁界により感度は $1/2$ 以下に劣化するという問題点があることが、発明者の研究の結果明らかになった。又、図9に示されるような磁化容易軸27の方向にした配置では、信号磁界方向の抵抗変化 δR の磁界応答感度は、これに垂直な磁界応答の感度よりも小さくなるという問題点があることも発明者の検討により明確になった。

【0011】せっかくの高感度を目標とするスピナバルブヘッドにおいて、安定動作をさせる手段を講じることにより、その感度を低下させる問題点が従来例には存在した。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明のスピナバルブ型感磁素子は、磁気ディスクから磁界を検出して信号の読み取りを行うスピナバルブ型感磁素子であり、前記磁気ディスクからの信号の磁界方向(以下、信号磁界方向という)に平行に磁化された磁化固定層と、信号読み取りのための抵抗変化を検出するために外部から電流を印加される導電層と、磁化容易軸が信号磁界方向に平行である磁化フリー層とを備えることを特徴とする。

【0013】本発明のスピナバルブ型感磁素子は、磁気ディスクから磁界を検出して信号の読み取りを行うスピナバルブ型感磁素子であり、信号磁界方向に平行に磁化された磁化固定層と、信号読み取りのための抵抗変化を検出するために外部から電流を印加される導電層と、磁気ディスクからの信号磁界により磁化の方向が振動的に回転する磁化フリー層とを備え、前記信号磁界方向のMR感度が前記信号磁界に垂直な方向に対するMR感度よりも大きいことを特徴とする。

【0014】本発明のスピナバルブ型感磁素子は、磁化容易軸が信号磁界の方向に平行である磁化フリー層とを備えることを特徴とする。

【0015】本発明のスピナバルブ型感磁素子は、縦バイアス磁界の強度が前記磁化フリー層の一軸異方性磁界強度より大きく、かつ一軸異方性磁界の強度の2倍より小さければなお好ましい構成である。

【0016】いかにスピナバルブ素子といえども、材料の選択のみにより磁界応答感度を無限に大きくすることはできない。本発明は同じスピナバルブ材料を用いても、より大きな磁界応答感度を得ることができる素子構造を提供するものである。

【0017】

【発明の実施の形態】図4及び図5を用いて本発明の実施の形態を説明する。

【0018】本発明のスピナバルブ型感磁素子は、図4(スライダ1のABS3から見た図)に示すように、非磁性の基板16の上にTa下地膜(3nm図示せず)、磁気ディスクからの信号磁界により磁化の方向が振動的に回転する磁化フリー層13としてNiFe(6nm)及びCoFe(2nm)、信号読み取りのための抵抗変化を検出するために外部から電流を印加される導電層12としてCu(2.5nm)、磁化固定層11としてCoFe(4nm)、磁化を固定するための反強磁性交換結合層10としてNiMn層(20nm)、カバー層としてTa(3nm:図示せず)を順次スパッタ成膜し、所定のトラック幅に露光及びエッチング手法で形成する。その両側に磁化フリー層13の単磁区安定化のための縦バイアス層14としてのCoCrPt(40nm)の成膜パタニングを行う。

【0019】図4に示すように成膜・パタニングを実施した後、NiMn反強磁性交換結合層10の安定化と磁化固定層11の磁化方向の決定のために、1000エルステッド磁界中、260℃、5時間アニールを行う。その結果、図5に示すように、磁化固定層11の磁化は反強磁性交換結合のために信号磁界方向のうち上か下どちらかの一方を向く。磁化フリー層13の磁化容易軸29(一軸異方性磁界強度は H_k)は、磁化固定層11の磁化方向と平行に形成される。

【0020】次に、この素子を常温に戻し、磁化固定層11の磁化方向に対し垂直(磁気記録ではトラック幅方向に相当)に3000Oeの磁界を印加して、縦バイアス層14(磁石膜)を着磁する。縦バイアス層14からは強度 H_t の強度が発生する。この時、前記の膜厚関係では、 $H_t > H_k$ となっている。

【0021】本発明の動作の説明を、上記の実施形態を用いて説明する。

【0022】本実施形態の磁化フリー層13の磁化容易軸29(一軸異方性磁界強度は H_k)は、図6に示すように、信号磁界5の方向を向いていることが特徴となっている。すなわち、磁化容易方向すなわち磁化容易軸29が信号磁界5の方向と一致している。

【0023】一般に、磁化容易軸の方向に信号磁界が印加されると、その磁化安定方向は、一斉磁化回転モデルを用いて計算することが出来る。磁化安定方向(角度 θ)が定まると、スピナバルブ動作素子では、その抵抗値変化 δR は、 $\delta R = -(1/2) \Delta R \cdot \cos \theta$ であらわされる。その δR の信号磁界方向の印加磁界 H_y に対する応答は、図7に示すような大きなヒステリシスを示す。

【0024】このようなヒステリシスは、このスピナバルブ素子を磁気ヘッドとして用いるときには、再生信号

波形においてベースラインシフトが発生し、バルクハウゼンノイズの発生を引き起こして、実用上の問題となる。

【0025】本発明の実施の形態では、更に、図5に示すようにスピバルブ素子の両側に永久磁石膜を設置して縦バイアス磁界 H_t を印加する。この H_t の強度を予め定めた適当な値に選ぶと、そのスピバルブ素子の抵抗変化 δR の信号磁界応答31は、図3に示したようにヒステリシスはなくなる。この δR の信号磁界応答31は、磁化容易軸方向の磁化反転に基づくものであるの

で、本質的に磁界に対する感度は高い。信号磁界と垂直な方向の磁界に対する δR の応答は、図3のトラック幅方向磁界応答32に示すように磁界に対する感度は、信号磁界方向の磁界に対する応答よりも低いところが特徴となっている。

【0026】信号磁界方向の磁界に対する δR の応答感度 $\Delta R / (2 \cdot H_{sv})$ すなわちMR感度は、一斉磁化回転モデルを用いたシミュレーション結果によれば図8に示すように縦バイアス磁界 H_t を変化すると大きく変わる。 $H_t < H_k$ の場合は δR の磁界応答にはヒステリシスが生じる。 $H_t > H_k$ で、さらに H_t が増大するとMR感度は低下する。 $H_t > 2H_k$ となると H_t の増大によるMR感度の低下率は減少する。

【0027】しかしながら、 $H_t > 2H_k$ であってもこのMR感度は、後述するように、従来のスピバルブ素子のMR感度よりは大幅に大きい。

【0028】本発明の特徴は、図3に示すように、トラック幅方向の磁界に対する δR の応答での感度、すなわち最大抵抗変化 ΔR と ΔR の抵抗変化に要する磁界強度 $2 \cdot H_{sp}$ の比 $(\Delta R / (2 \cdot H_{sp}))$ よりも、信号方向磁界に対する δR の応答感度、すなわち ΔR と ΔR の抵抗変化に要する磁界強度 $2 \cdot H_{sv}$ の比 $(\Delta R / (2 \cdot H_{sv}))$ が大きいことである。

【0029】更に、本発明においては、スピバルブ感磁素子の磁化フリー層の一軸磁気異方性(強度 H_k)の方向が、信号磁界方向に平行であり、かつ、同感磁素子の両サイドに設置した縦バイアス磁石膜の発生磁界(H_t)は、 $H_t \geq H_k$ であることが特徴である。更に、 $H_t < 2H_k$ であれば、なお好ましい構成である。

【0030】本発明の効果は、図8に示すようにMR感度が、従来の磁化フリー層13のトラック幅方向に平行な磁化容易軸の配置に比べて高いことである。特に、縦バイアス磁界 H_t が H_k と $2H_k$ の間では、MR感度が1より大きい。ただし、MR感度=1とは、 H_k に等しい信号磁界強度 H_y を印加したときの抵抗変化 δR が最大抵抗変化 ΔR に等しい場合を意味するものである。

【0031】さらに言うまでもないことであるが、 δR の信号磁界応答にはヒステリシスは生じない。

【0032】

【発明の効果】本発明の効果は、従来の磁化フリー層1

3の磁化容易軸をトラック幅方向に平行に配置した場合と比べMR感度が高いことであり、これにより高密度記録を更に進めた場合でも再生出力が大きくとれ、S/Nの改善もできることである。

【0033】その理由は、磁化容易軸の方向が信号磁界の方向に平行だからである。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来例および本発明の磁気ヘッド共通の構造を示す斜視図。

10 【図2】従来例および本発明のスピバルブ型感磁素子共通の構造を示す図。

【図3】本発明の抵抗変化 δR のトラック幅方向の磁界に対する応答および信号磁界方向の磁界に対する応答を示す図。

【図4】本発明のスピバルブ型感磁素子構造を示す断面図。

【図5】本発明のスピバルブ型感磁素子構造を示す概念図。

20 【図6】本発明のスピバルブ型感磁素子構造を示す概念図。

【図7】従来例の信号磁界方向の磁界に対する抵抗変化 δR の応答を示す図。

【図8】本発明の縦バイアス磁界 H_t と、信号磁界方向の磁界に対する抵抗変化 δR の応答感度の関係を示す図。

【図9】従来例のスピバルブ型感磁素子の構造を示す概念図。

【図10】従来例の信号磁界方向の磁界に対する抵抗変化 δR の応答を示す図(ヒステリシスのない場合)。

30 【図11】従来例の縦バイアス磁界 H_t と、信号磁界方向の磁界に対する抵抗変化 δR の応答感度の関係を示す図。

【符号の説明】

1 スライド

2 ヘッドエレメント

3 空気バネ面(ABS)

4 電極端子

5 信号磁界

6 トラック方向磁界

40 7 コイルパターン

10 反強磁性交換結合層

11 磁化固定層

12 導電層

13 磁化フリー層

14 縦バイアス層

15 電極

16 基板

17 固定磁化

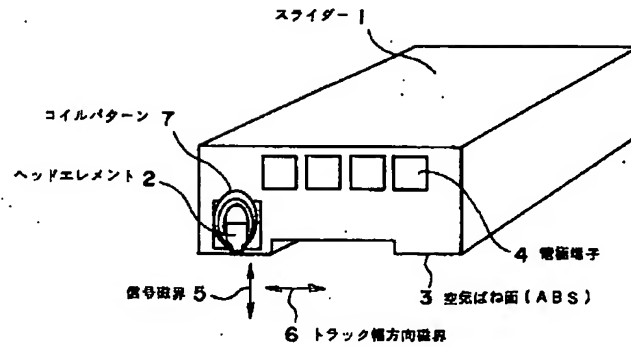
18 スピバルブ型感磁素子

50 19 媒体磁化

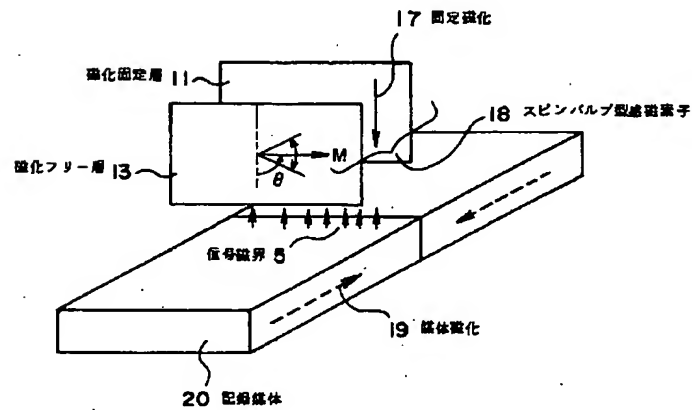
20 記録媒体
 26 磁化回転
 27 磁化容易軸（一軸異方性）
 28 縦バイアス磁界 H_t

29 磁化容易軸（一軸異方性）
 31 信号磁界方向
 32 トラック幅方向磁界応答

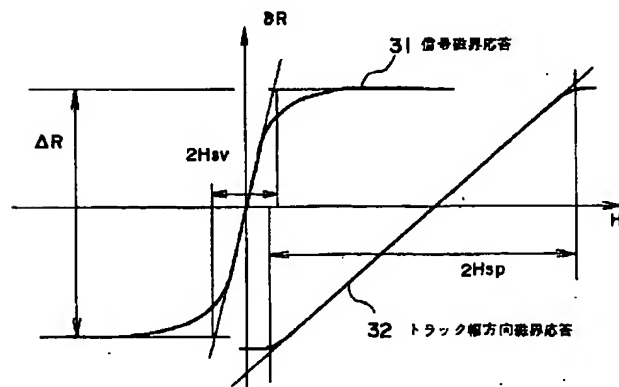
【図1】



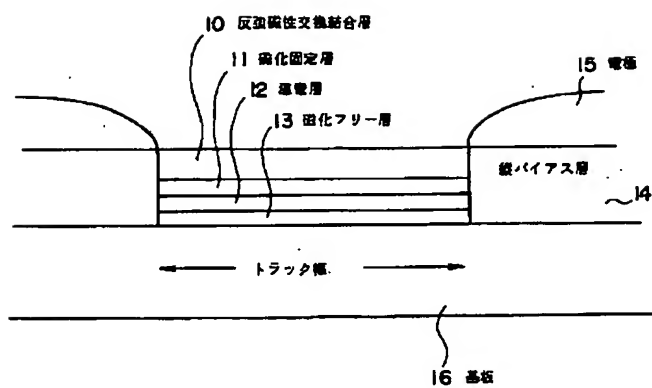
【図2】



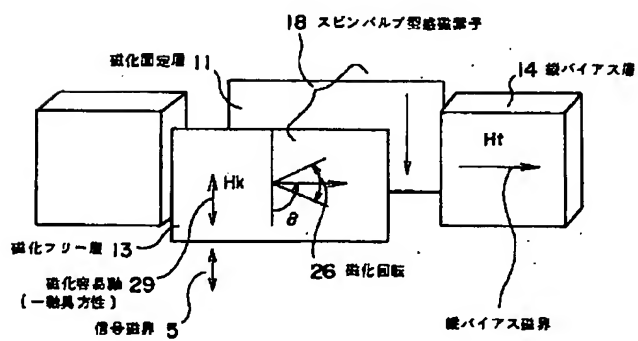
【図3】



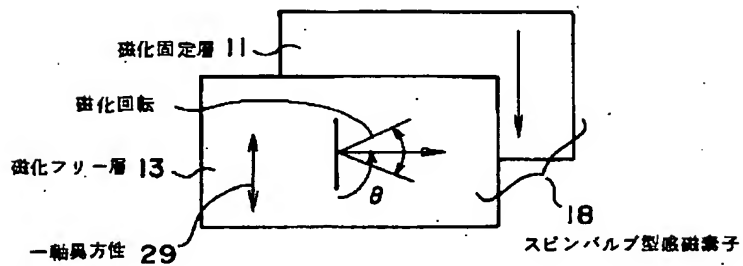
【図4】



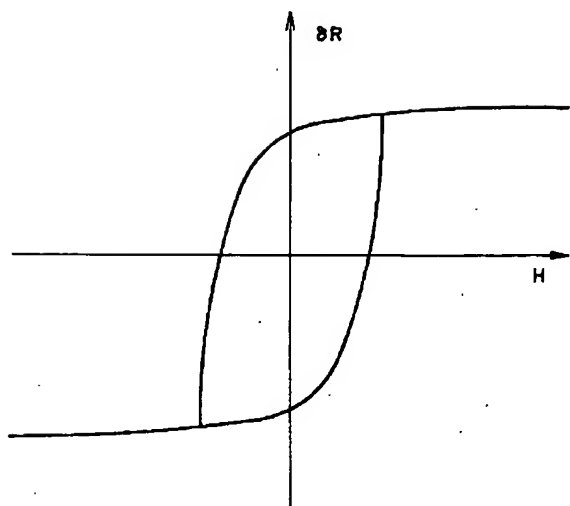
【図5】



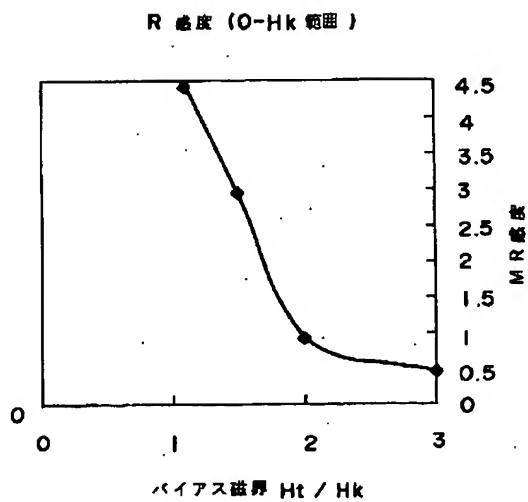
【図6】



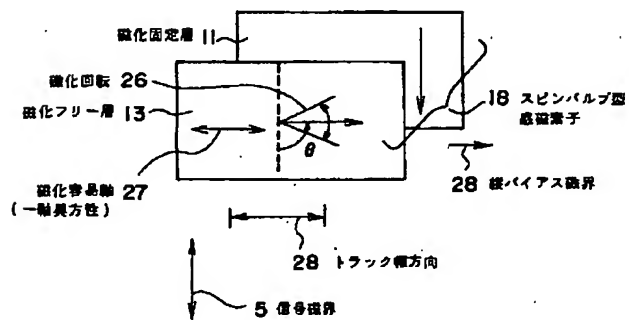
【図7】



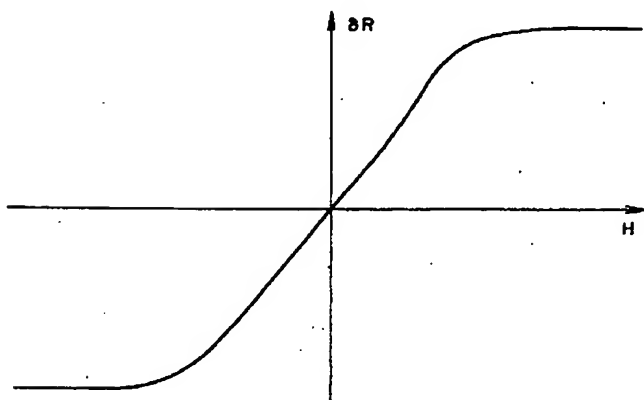
【図8】



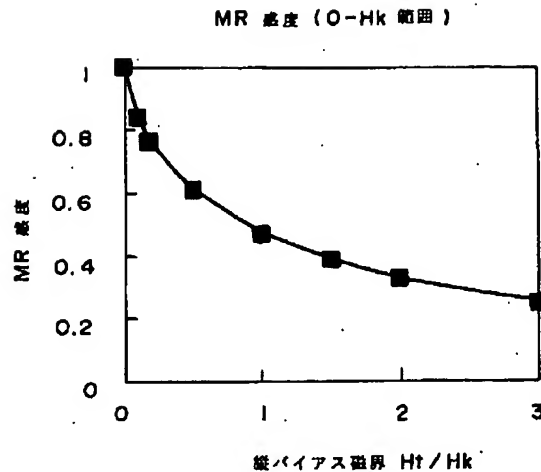
【図9】



【図10】



【図11】



【手続補正書】

【提出日】平成11年5月24日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】磁気ディスクから磁界を検出して信号の読み取りを行うスピナバルブ型感磁素子であり、前記磁気ディスクからの信号の磁界方向（以下、信号磁界方向という）に平行に磁化された磁化固定層と、信号読み取りのための抵抗変化を検出するために外部から電流を印加される導電層と、磁化容易軸が信号磁界方向に平行である磁化フリー層とを備え、

該磁化フリー層に信号磁界方向と垂直な磁界を印加する縦バイアス層を前記フリー層の両側に配置したことを特徴とするスピナバルブ型感磁素子。

【請求項2】磁気ディスクから磁界を検出して信号の読み取りを行うスピナバルブ型感磁素子であり、信号磁界方向に平行に磁化された磁化固定層と、信号読み取りのための抵抗変化を検出するために外部から電流を印加される導電層と、磁気ディスクからの信号磁界により磁化の方向が振動的に回転する磁化フリー層とを備え、前記信号磁界方向のMR感度が前記信号磁界に垂直な方向に対するMR感度よりも大きいことを特徴とするスピナバルブ型感磁素子。

【請求項3】磁化容易軸が信号磁界の方向に平行である

磁化フリー層とを備えることを特徴とする請求項2記載のスピナバルブ型感磁素子。

【請求項4】請求項1、2または3記載のスピナバルブ型感磁素子であり、縦バイアス磁界の強度が前記磁化フリー層の一軸異方性磁界強度より大きいことを特徴とするスピナバルブ型感磁素子。

【請求項5】請求項1、2または3記載のスピナバルブ型感磁素子であり、

縦バイアス磁界の強度が前記磁化フリー層の一軸異方性磁界強度より大きく、かつ一軸異方性磁界の強度の2倍より小さいことを特徴とするスピナバルブ型感磁素子。

【請求項6】請求項1、2、3、4または5記載のスピナバルブ型感磁素子を備えることを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項7】請求項6記載の磁気ヘッドを備えることを特徴とする磁気ディスク装置。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正内容】

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明のスピナバルブ型感磁素子は、磁気ディスクから磁界を検出して信号の読み取りを行うスピナバルブ型感磁素子であり、前記磁気ディスクからの信号の磁界方向（以下、信号磁界方向という）に平行に磁化された磁化固定層と、信号読み取りのための抵抗変化を検出するために外部から電流を印加される導電層と、磁化容易軸が信号磁界方向に平行であ

る磁化フリー層とを備え、この磁化フリー層に信号磁界
方向と垂直な磁界を印加する縦バイアス層を前記フリー
層の両側に配置したことを特徴とする。

PAT-NO: JP411288504A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11288504 A

TITLE: SPIN VALVE TYPE MAGNETO-SENSITIVE ELEMENT,
MAGNETIC HEAD
USING IT AND MAGNETIC DISK DEVICE

PUBN-DATE: October 19, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

URAI, HARUO
MORI, SHIGERU

COUNTRY

N/A
N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

NEC CORP

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP10087111

APPL-DATE: March 31, 1998

INT-CL (IPC): G11B005/39

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enhance MR sensitivity, to increase a reproducing output at a high density recording time and to improve an S/N ratio by providing a magnetization fixed layer magnetized parallel in the magnetic field direction of a signal from a magnetic disk, a conductive layer imparted with a current from the outside for detecting a resistance change for reading the signal and a magnetization free layer with an axis of easy magnetization parallel to the signal magnetic field direction.

SOLUTION: Permanent magnet films are set upon both sides of a spin valve type magneto-sensitive element 18, and a vertical bias magnetic field

Ht is applied, and when the intensity of the magnetic field Ht having a predetermined suitable value is selected, a hysteresis is eliminated in the signal magnetic field response of the resistance change of the magneto-sensitive element 18.

The signal magnetic field response of the resistance change of the magneto-sensitive element 18 is based on magnetization inversion in the axis of easy magnetization direction, and sensitivity for the magnetic field is high.

The direction of the uniaxial magnetic anisotropy Hk of the magnetization free layer 13 of the magneto-sensitive element 18 is parallel to the signal magnetic field direction, and an occurrence magnetic field Ht of vertical bias layers 14 set upon both sides of the magneto-sensitive element 18 is Ht

COPYRIGHT: (C)1999,JPO